

An electronic watermark is embedded in a color image and decoded by a technique specific to color image. Image data of the RGB colorimetric system of an original color image is converted to image data of the YCbCr colorimetric system by means of a color signal converting matrix to/from which an electronic watermark converting matrix is added/subtracted. The components x of the electronic watermark converting matrix are given real values representing electronic watermark information, and the total of the components of each column and that of each row are adjusted to be substantially zero. The converted image data is restored to the image data of the RGB colorimetric system by means of an inverse color signal converting matrix of the original. In the restored image, real values x are embedded as an electronic watermark. The real values x can be decoded by means of image data obtained by color signal converting the original image to an image of the YCbCr colorimetric system.

カラー画像に特徴的な手法で、カラー画像に電子透かしを埋め込み、また復号する。このために、オリジナルのカラー画像のRGB表色系の画像データを、色信号変換行列を用いてYCbCr表色系の画像データに変換する際、この変換行列に、電子透かし情報となる任意の実数値 x を成分とし、かつ各行および列の成分の総和が略0になるように調整された電子透かし変換行列を加減算しておく。この調整済みの色信号変換行列により変換した画像データを、オリジナルの逆色信号変換行列によるRGB表色系の画像データに戻す。戻され画像には、実数値 x が電子透かしとして埋め込まれる。この実数値 x は、原画像をYCbCr表色系に色信号変換した画像データを用いて復号することができる。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

AE	アラブ首長国連邦	DM	ドミニカ	KZ	カザフスタン	RU	ロシア
AL	アルバニア	EE	エストニア	LC	セントルシア	SD	スーダン
AM	アルメニア	ES	スペイン	LI	リヒテンシュタイン	SE	スウェーデン
AT	オーストリア	FI	フィンランド	LK	スリランカ	SG	シンガポール
AU	オーストラリア	FR	フランス	LR	リベリア	SI	スロヴェニア
AZ	アゼルバイジャン	GA	ガボン	LS	レソト	SK	スロヴァキア
BA	ボスニア・ヘルツェゴビナ	GB	英国	LT	リトアニア	SL	シエラ・レオネ
BB	バルバドス	GD	グレナダ	LU	ルクセンブルグ	SN	セネガル
BE	ベルギー	GE	グルジア	LV	ラトヴィア	SZ	スワジランド
BF	ブルキナ・ファソ	GH	ガーナ	MA	モロッコ	TD	チャド
BG	ブルガリア	GM	ガンビア	MC	モナコ	TG	トーゴ
BJ	ベナン	GN	ギニア	MD	モルドヴァ	TJ	タジキスタン
BR	ブラジル	GW	ギニア・ビサウ	MG	マダガスカル	TZ	タンザニア
BY	ベラルーシ	GR	ギリシャ	MK	マケドニア旧ユーゴスラヴィア共和国	TM	トルクメニスタン
CA	カナダ	HR	クロアチア	ML	マリ	TR	トルコ
CF	中央アフリカ	HU	ハンガリー	MN	モンゴル	TT	トリニダード・トバゴ
CG	コンゴ	ID	インドネシア	MR	モリタニア	UA	ウクライナ
CH	スイス	IE	アイルランド	MW	マラウイ	UG	ウガンダ
CN	中国	IL	イスラエル	MX	メキシコ	US	米国
CM	カメルーン	IN	インド	NE	ニジェール	UZ	ウズベキスタン
CR	コスタ・リカ	IS	アイスランド	NL	オランダ	VN	ヴェトナム
CU	キューバ	IT	イタリア	NO	ノルウェー	YU	ユーゴスラビア
CY	キプロス	JP	日本	NZ	ニュージーランド	ZA	南アフリカ共和国
CZ	チェコ	KE	ケニア	PL	ポーランド	ZW	ジンバブエ
DE	ドイツ	KG	キルギスタン	PT	ポルトガル		
DK	デンマーク	KP	北朝鮮	RO	ルーマニア		
		KR	韓国				

明細書

電子透かしの埋め込み方法およびその復号方法

5 技術分野

本発明は、カラー画像の不正コピーを防止する電子透かしの埋め込み方法およびその復号方法に関する。

背景技術

- 10 インターネットなどのコンピュータネットワークの発展に伴って、情報のデジタル化が進み、多くのユーザが簡単に必要とする情報にアクセスできるようになっている。その反面、そのデジタル情報に著作権が発生しているデジタルコンテンツについて、その著者に断わりなく容易にデータが複製できるような環境になりつつあり、不正コピーにともなう著作権侵害の問題が注目されてきている。そこで、デジタル
- 15 コンテンツの主たる情報であるカラー画像に関しての著作権侵害を防止することを目的として、著作権情報を第三者に見えない形で密かにカラー画像のデータに埋め込み、いつでもその画像から著作権情報を抽出できるような技術、いわゆる電子透かしの技術が注目されている。

- 従来 of この種の電子透かしに関しては、濃淡画像に対して多くの技術的提案がな
- 20 されている。カラー画像についても、その輝度成分（Y成分）を考えれば、濃淡画像と同様に扱うことができるので、濃淡画像に対応する輝度成分に、電子透かしを埋め込む手法が用いられてきた。

- しかしながら、カラー画像に固有の信号やデータを用いて電子透かしを埋め込もうとする提案は、ほとんどなされていない。電子透かし埋め込み技術として、カラー
- 25 プリンタの色空間を利用した「カラー画像の深層情報記録」（画電学会、年次大

会予稿集、7、20、pp. 47-48）、視覚特性を巧みに利用したモデル構成型の「視覚特性を考慮した色彩透かしの一手法」（IMPS 97、1-3. 14、pp. 45-46（1997））、「デジタル画像への電子透かし埋め込みの一手法」（SITA 97、Vol. 2、pp. 541-544（1997））が

- 5 提案されている。これらの技術は、モデルが煩雑で透かしの埋め込み処理が簡単でないといった弱点をもっている。また、カラー画像の下位ビットに透かしを埋め込む方法では、カラー画像の画像品質を劣化させることも指摘されていた。

本発明は、カラー画像に固有の特性を巧みに利用することで、原画像を劣化させること無く、簡便かつ確実に電子透かしを埋め込み、しかもクリッピングやJPE
10 G圧縮などのデジタル処理に対しても電子透かしを有効に維持できる優れた電子透かしの埋め込み方法およびその復号方法を提供することを目的としてなされた。

発明の開示

本発明は、カラー画像に電子透かし情報を埋め込む電子透かしの埋め込み方法であって、
15

所定の色空間を、複数のパラメータの組み合わせにより表現可能な第1の表色系の画像データを、他のパラメータの組み合わせにより表現する第2の表色系へ変換する色信号変換行列と、該変換の逆変換を行なう逆色信号変換行列とを用意し、

該色信号変換行列に、電子透かし情報となる任意の実数値 x を成分とし、かつ各行および各列の該成分の和が略0となる電子透かし変換行列を加減算して、該色信号変換行列を調整し、

該調整済みの色信号変換行列を用いて、前記第1の表色系の画像データを、第2の表色系の画像データに一旦変換し、

該変換により得られた第2の表色系の画像データを、前記逆色信号変換行列により前記第1の表色系へ逆変換することにより、
25

電子透かしをカラー画像に埋め込むことを要旨としている。

所定の色空間を複数のパラメータにより表現可能な表色系は、種々知られており、かつこれらの表色系間では、変換行列および逆変換行列が定義されている。本発明は、この色信号変換行列と逆色信号変換行列を用い、上記の簡便な演算によって、カラー画像の劣化を防止しつつ各画素毎に電子透かしを埋め込むことが可能となる。このため、画像のクリッピングや圧縮というデジタル処理に対して、高い耐性を発揮する。

ここで、第1または第2の表色系としては、光の三原色をパラメータとするRGB表色系や輝度信号および色差信号をパラメータとするYCbCr表色系を適宜採用することができる。これらの表色系は、画像データを扱う場合にしばしば用いられるものであり、かつ相互の変換行列が良く知られたものである。したがって、これからの画像データを取り扱うレタッチソフトなどが多数存在し、電子透かしを簡便に埋め込むことができる。

また、電子透かし情報となる任意の実数値 x は、 -0.1 以上かつ 0.1 以下の任意の値であれば、色信号変換行列の各成分に与える影響が制限され、原画像のカラー情報に与える影響を抑えることができる。この実数値を制限することにより、カラー画像への影響を、例えば人間の目の通常の視認性の限度内に押さえることが可能である。

更に、電子透かし変換行列により変換した輝度信号および色差信号であるYCbCr表色系のデジタル情報を、光の三原色信号であるRGB表色系への逆色信号変換行列により逆変換するに際して、任意の画素値が所定範囲の整数値となるようにアンダフロー補正またはオーバフロー補正を行なうことがより好ましい。一旦変換した輝度信号および色差信号を逆変換すると、透かし情報を加えたために、逆変換した結果が、元の画像データの範囲からはみ出すことがある。アンダフロー補正やオーバフロー補正を行なうことにより、こうしたはみ出しを補正して、元の画像データがと採り得る範囲内に、逆変換した結果を納めるのである。例えば、元の画像がRGB各色について、それぞれ8ビットのデータで表現されており、各色につい

て0ないし255の256階調を表現可能な場合、逆変換により、値がマイナスとなった場合には、値0にアンダフロー補正を行ない、値が255を越えた場合には、値255にオーバフロー補正を行なうのである。

一方、電子透かしが埋め込まれた画像データから電子透かしを取り出す復号方法

5 の発明は、

電子透かしが埋め込まれたカラー画像を、輝度信号および色差信号であるYCbCr表色系へ色信号変換したデータと、該電子透かしが埋め込まれていない原画像を輝度信号および色差信号であるYCbCr表色系へ色信号変換したデータとの差分行列を算出し、

10 該差分行列を各行毎に分解し、前記電子透かし情報となる任意の実数値xをそれぞれの行毎に算出し、

各行毎に算出された実数値xの平均値を電子透かし情報として推定することを要旨としている。

この方法によれば、輝度信号および色差信号に埋め込まれた電子透かし情報として
15 ての任意の実数値xを高精度に復号することが可能となる。しかも、その復号には原画像が必要であるため、電子透かしが埋め込まれたカラー画像がどの様に流通しようとも、その流通しているカラー画像だけからは、電子透かしを復号することはできない。

また、差分行列の各行の成分の差分の絶対値が所定範囲であるとき、電子透かし
20 情報となる任意の実数値xの算出を行なえば、電子透かしとなる実数値xの復号精度がより一層向上する。この絶対値があまりに小さい場合は、データの範囲が拡散して実数値xの推定に正確さを欠き、一方、その絶対値が必要以上に大きくなると次第にデータ数が減り、推定値が埋込み値に近づく反面その信頼性が低下するからである。従って、この絶対値は3～10の範囲であることが好ましい。

25 上記の電子透かしの埋め込み方法および電子透かしの復号方法は、これを記憶した記憶媒体として実施することができる。係る記憶媒体としては、CD-ROMや

メモリカード、フレキシブルディスクなどの形態を考えることができる。また、通信回線を介してこれらのプログラムをダウンロードする形態も考えることができる。更に、こうした電子透かしの埋め込み方法は、画像データを扱うレタッチソフトなどに、一体にあるいはプラグインソフトとして組み込むことができる。もとより、電子透かしの埋め込みや復号のみを行なう独立したプログラムとして実現することも差し支えない。更に、カラー画像がデジタルコンテンツとして流通する形態を考えると、J P E Gなどの種々の圧縮技術を用いてこれを圧縮することも多いことから、画像データを圧縮するソフトウェアに一体またはプラグインの形態で組み込むことも差し支えない。あるいは、印刷された画像データをデジタルデータとして読み込むスキャナや読み取りを行なうソフトウェアに一体に組み込むことも考えられる。反対に、デジタルデータを印刷するプリンタドライバやプリンタに、組み込んで用いることも可能である。

図面の簡単な説明

図 1 は、本発明の一実施例である電子透かし情報の埋め込みおよび復号処理の原理説明図である。

図 2 は、その方法により電子透かし値 x の値を埋め込んだデジタルカラー画像である。

図 3 は、電子透かし埋め込み処理の詳細なアルゴリズムを説明するフローチャートである。

図 4 は、電子透かし復号処理の詳細なアルゴリズムを説明するフローチャートである。

図 5 は、透かし情報 $x = 0.1$ を埋め込んだ画像からその x を算出したヒストグラムである。

図 6 は、各種デジタル処理に供した透かし情報 $x = 0.1$ を埋め込んだ画像の説明図である。

図 7 は、切り抜き処理された後の画像データから復元された値 x のヒストグラムである。

図 8 は、データ圧縮後の画像データから復元された値 x のヒストグラムである。

図 9 は、S t i r M a r k 攻撃された後の画像データから復元された値 x のヒス

5 トグラムである。

図 10 は、同じアルゴリズムで上書きされた後の画像データから復元された値 x のヒストグラムである。

図 11 は、実施例における電子透かしの埋め込み処理および復号処理を実行する電子透かし処理装置の概略構成を示すブロック図である。

10

発明を実施するための最良の形態

以下本発明の好適な実施の形態について説明する。

<電子透かし埋め込み、復号の原理説明>

図 1 は、実施例であるデジタルカラー画像への電子透かしの埋め込み方法および
15 その復号方法の処理原理の説明図である。図示する R G B 表色系で表現された原画像であるデジタルカラー画像は、その水平解像度（以下、H S i z e という）と垂直解像度（以下、V S i z e という）で決定されるマトリックス状に配置された多数の画素の集合体として定義される。また、これらの各画素の色 P^T （「 T 」は行列を示す。以下同じ）は、所定の分解能（例えば、0 から 255 までの 256 段階）
20 で表現される光の三原色である赤（ r ）、緑（ g ）、青（ b ）それぞれの色成分の濃度によって $P^T = [r, g, b]^T$ （「 T 」は転置行列を示す。以下同じ）のように定義される。また、各画素の色を定義する方式としては、上記の様な R G B 表色系ばかりでなく、輝度信号と色差信号とによる Y C b C r 表色系が広く知られており、この表色系による各画素の色 F^T は、 $F^T = [y, c b, c r]^T$ として定
25 義される。

この 2 つの表色系はそれぞれに独立しているのではなく、下記の式（1）、（2）

に示すように色信号変換行列 A' 、その逆行列 A'^{-1} により相互変換することが可能である。

$$F' = A' P' \quad (1)$$

$$5 \quad P' = A'^{-1} F' \quad (2)$$

但し、式 (1) (2) において、行列 A' 、転置行列 A'^t は、本実施例では、以下の通りである。

$$A = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.169 & -0.331 & 0.500 \\ 0.500 & -0.419 & -0.081 \end{bmatrix}$$

10

$$A^{-1} = \begin{bmatrix} 1.000 & -0.001 & 1.402 \\ 1.000 & -0.344 & -0.714 \\ 1.000 & 1.772 & 0.001 \end{bmatrix}$$

そこで、本実施例では、RGB 表色系の原画像の画素 P' を YCbCr 表色系の画素 F' に変換する際に電子透かし情報 x を埋め込み、これを再度 RGB 表色系に逆変換する方法を採用する。

15 ここで、電子透かし情報を埋め込む際の重要な条件として、透かしの埋込みによる画質劣化をできるだけ防ぐことが必要である。そこで、変換行列 A' の要素を考察すると、各行の成分の絶対値の和がすべて 1 となっていることに注目する。すなわち、変換行列の各要素は相互に絶対値の和が 1 となるような関係を保持することが、画質劣化を防止しながら RGB 表色系の原画像の画素 P' を YCbCr 表色系
20 の画素 F' に変換するために不可欠である。従って、この変換行列 A' に透かし情報を埋め込むには、要素の相互関係を崩さないことが好ましい。このような推察のもとにつぎの透かし行列 X' を準備する。

$$X' = \begin{bmatrix} 0 & -x & x \\ x & 0 & -x \\ -x & x & 0 \end{bmatrix}$$

(3.)

但し、 x は透かし情報であり、実数値をとるものとする。

この透かし行列 X' を用いて、カラー画像に電子透かしを施す。すなわち、ある
5 画素 P' に対して次式 (4) の演算を行なう。

$$F' (X) = (A' + X') P' \quad (4)$$

この演算処理をすべての画素に対して実行すると、電子透かしの埋め込みが完了
10 する。この $F' (X)$ 信号に対して、次式 (5) により、逆変換行列 A^{-1} で復号
ることができる。

$$\begin{aligned} P' (X) &= A^{-1} F' (X) = A^{-1} (A' P' + X' P') \\ &= A^{-1} A' P' + A^{-1} X' P' \\ &= P' + A^{-1} X' P' \end{aligned} \quad (5)$$

この $P' (X)$ は透かし情報 x が埋め込まれた RGB 色信号に相当する。式 (5)
から明らかなように、画素ベクトル $P' (X)$ は本来の信号 P' に透かし情報 x を
含む $A^{-1} X' P'$ からなるノイズが重畳された形式で表されることになる。一例と
20 して、 $-0.1 \leq x \leq 0.1$ の範囲の種々の実数値 x を用いて、この変換を施した
画像を、図 2 (a) ないし (d) に示す。透かし情報 x の値にしたがって色彩は、
少しずつ変化するが、図 2 に白黒画像として示したように、輝度情報は、保存され
ており、色彩の変化もなめらかで違和感が生じることはない。この色彩の変化は極

めて僅かであり、オリジナルのカラー画像の画質を劣化させてはいない。なお、用いる実数値 x は、この範囲外の値であっても差し支えなく、演算精度との兼ね合いで、数値は決定すれば良い。

ここで、RGB信号のデータは整数値であるが、YCbCr信号のデータは式
 5 (1)より実数化されてしまうため、YCbCr→RGB逆変換するとき、整数化
 しなければならない。このとき、式(2)で逆変換し、整数化する際に、画素値が
 負となり、アンダフローを発生するか画素値の上限を超えて、オーバフローとなる
 ことがある。この問題を解決するため、本実施例ではアンダフロー補正およびオー
 10 バフロー補正を行う。すなわち、画素値が負となった場合には0とし、そのビット
 表現の上限値(たとえば255)を超えるならば、その上限値を採用する。

つぎに、以上のような処理によって電子透かしが埋め込まれた画像 $P'(X)$ か
 ら、透かし情報 x を復号する処理について説明する。画像 $P'(X)$ から電子透かし
 情報 x を復号するためには、原画像のデータ P' が必要である。

いま、 $P'(X)$ に対して公知の色信号変換行列 A を乗ずると、次式(6)に従
 15 い、行列 H' を得る。

$$\begin{aligned} H'(X) &= A' P'(X) = A' (P' + A^{-1} X' P') \\ &= A' P' + A' A^{-1} X' P' = A' P' + X' P' \quad \dots (6) \end{aligned}$$

20 そこで、原画像を行列 A' で変換した信号 F' を $H'(X)$ から引けば、その差
 分は、次式(7)により求めることができる。

$$H'(X) - F' = (A' P' + X' P') - A' P' = X' P' \quad \dots (7)$$

25 ここで、差分 $X'P$ の成分を y_1, y_2, y_3 として行列に表現すれば、次式(8)
 を得る。

$$X'P = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -x & x \\ x & 0 & -x \\ -x & x & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r \\ g \\ b \end{bmatrix}$$

... (8)

この式を分解すれば、次式(9)のように、各成分を用いて表現することができる。したがって、これらの各成分から、式(10)に示したように、値 x を求めることができる。

5

$$y_1 = b x - g x$$

$$y_2 = r x - b x \quad \dots (9)$$

$$y_3 = g x - r x$$

10

$$x_1 = y_1 / (b - g)$$

$$x_2 = y_2 / (r - b) \quad \dots (10)$$

$$x_3 = y_3 / (g - r)$$

ここで、式(10)において分母が0に近くなると x の算出に際して誤差を招き、
 15 さらに、ノイズが加わることも考えられる。そこで、式(10)における差分の絶対値が所定値(例えば5)より大きいことを条件に電子透かし情報の算出を行なうことが好ましい。すなわち、この値が小さいならば、データの範囲が拡散して x の推定に正確さを欠き、一方、この値が大きくなると、次第にデータ数が減り、推定値が埋込み値に近づくが、信頼性が低下するからである。

20

このような条件を満たすならば、式(10)を用いて、(x_1 , x_2 , x_3)を求め、これらの3つの値から、その平均値 x_{av} を

$$x_{av} = (x_1 + x_2 + x_3) / 3$$

として算出することができる。

この算出値 x_{av} を、透かし情報 x の推定値とする。この方法による透かし情報 x の推定を各画素ごとに実行し、統計的に最も確からしい値を、透かし情報 x として確定する。

<電子透かし埋め込み、復号のアルゴリズム説明>

- 5 次に、以上説明した本実施例のカラー画像への電子透かしの埋め込み方法およびその復号方法の具体的なアルゴリズムについて図3および図4のフローチャートを参照しつつ詳述する。

まず、図3の電子透かし埋め込み処理について説明する。原画像の画素集合（以下単に画素ということがある） P' の R 、 G 、 B 成分の濃度値が $R(i, j)$ 、 $G(i, j)$ 、 $B(i, j)$ であるとする。但し、 i は1から原画像の垂直方向サイズ ($VSize$) までの整数、 j は1から原画像の水平方向サイズ ($HSize$) までの整数である。初めに、電子透かし情報とする x の値を決定し、値 x を式(3)に代入して透かし行列 X' を決定する（ステップ $S100$ ）。そして、この透かし行列 X' を式(4)に代入し、原画像の画素の集合 P' を $YCbCr$ 表色系の画素の集合 F' に変換する。ここでは、画素 $F'(X)$ の輝度成分、色差成分を $Y'(i, j)$ 、 $Cb'(i, j)$ 、 $Cr'(i, j)$ であるとする、これらは次式(11)ないし(13)によって算出される。

$$Y'(i, j) \leftarrow R(i, j) * 0.299 + G(i, j) * (0.587 - x) + B(i, j) * (0.114 + x) \quad (11)$$

$$20 \quad Cb'(i, j) \leftarrow R(i, j) * (-0.169 + x) - G(i, j) * 0.331 + B(i, j) * (0.5 - x) \quad (12)$$

$$Cr'(i, j) \leftarrow R(i, j) * (0.5 - x) + G(i, j) * (-0.419 + x) - B(i, j) * 0.081 \quad (13)$$

これらの式(11)～(13)に基づく変換を総ての i 、 j について繰り返し実行することで（ステップ $S110$ 、 $S120$ ）、電子透かし情報 x が埋め込まれた
25 画像の $YCbCr$ 表色系のデータが得られる。

デジタルカラー画像は、例えばコンピュータ上などでは RGB 表色系によって表

現されることが一般的であるため、こうして得られた $F'(X)$ 信号に対して、次式により逆変換行列 A^{-1} 操作を行なって R G B 表色系に再度変換し、その各画素での値が整数値となるようにアンダフロー補正またはオーバフロー補正を行なう（ステップ S 1 3 0）。

- 5 かかる補正は、次の処理により実現される。つまり、次の第 1 行では、各成分を演算して R 成分をもとめ、これが値 0 以下であれば値 0 に補正し、値 255 を越えていれば値 255 に補正するのである。他の色 G, B についても同様の処理を行なう。

10 $R'(i, j) \leftarrow Y'(i, j) * 1.0 - Cb'(i, j) * 0.001 + Cr'(i, j) * 1.402$
 if $R'(i, j) < 0$ then $R'(i, j) \leftarrow 0$
 else if $R'(i, j) > 255$ then $R'(i, j) \leftarrow 255$

同様に、

15 $G'(i, j) \leftarrow Y'(i, j) * 1.0 - Cb'(i, j) * 0.344 - Cr'(i, j) * 0.714$
 if $G'(i, j) < 0$ then $G'(i, j) \leftarrow 0$
 else if $G'(i, j) > 255$ then $G'(i, j) \leftarrow 255$

同様に、

20 $B'(i, j) \leftarrow Y'(i, j) * 1.0 + Cb'(i, j) * 1.772 + Cr'(i, j) * 0.001$
 if $B'(i, j) < 0$ then $B'(i, j) \leftarrow 0$
 else if $B'(i, j) > 255$ then $B'(i, j) \leftarrow 255$

- 25 このステップ S 1 3 0 の処理を総ての i, j について繰り返し実行することで（ステップ S 1 4 0）、目的としていた電子透かし情報 x が埋め込まれた画像の R

G B 表色系のデータが得られる。

次に、こうして得られた電子透かし情報 x が埋め込まれたデジタルカラー画像から透かし情報 x を復号する処理について説明する。この処理の一例を、図 4 のフローチャートに示した。この処理の初めには、これから透かし情報 x を復号するために利用するに足る信頼性のある画素であるか否かを、R G B 表色系の値が 1 ~ 2 5 4 の範囲の整数値であるか否かをもって判断する（ステップ S 2 0 0）。これは、上述した電子透かしの埋め込み処理におけるオーバフロー処理およびアンダフロー処理により、値 2 5 5 または値 0 の場合には、オーバフロー誤差およびアンダフロー誤差が生じている可能性があるからである。

10

```
if (R '(i, j) or G '(i, j) or B '(i, j))=(0 or 255)
    else goto ステップ S 2 5 0
```

この条件が満足される画素である場合には、もう一つの条件、すなわち原画像における当該画素の差分の絶対値が所定値（本アルゴリズムでは「5」を採用）より大きいか否かを判断する（ステップ S 2 1 0）。このアルゴリズムは、以下のよう

15 に表わすことができる。

```
if (B(i, j)-G(i, j) or R(i, j)-B(i, j) or G(i, j)-R(i, j))の絶対値> 5
    else goto ステップ S 2 5 0
```

20

そして、これら 2 条件が共に満足される原画像の画素および透かし情報が埋め込まれた画素のそれぞれについて、次式にしたがって、Y C b C r 表色系への変換を行なう（ステップ S 2 2 0）。ここで、Y, C b, C r とは、原画像の画素を Y C b C r 表色系へ変換した際の輝度 Y, 色差 C b, C r 信号を言う。また、Y ' , C b ' , C r ' は、電子透かし情報 x を埋め込んだ画素を、Y C b C r 表色系

25

へ変換した際の輝度Y，色差Cb，Cr信号である。

$$Y(i, j) \leftarrow R(i, j) * 0.299 + G(i, j) * 0.587 + B(i, j) * 0.114$$

$$Cb(i, j) \leftarrow -R(i, j) * 0.169 - G(i, j) * 0.331 + B(i, j) * 0.5$$

$$5 \quad Cr(i, j) \leftarrow R(i, j) * 0.5 - G(i, j) * 0.419 - B(i, j) * 0.081$$

$$Y'(i, j) \leftarrow R'(i, j) * 0.299 + G'(i, j) * 0.587 + B'(i, j) * 0.114$$

$$Cb'(i, j) \leftarrow -R'(i, j) * 0.169 - G'(i, j) * 0.331 + B'(i, j) * 0.5$$

$$Cr'(i, j) \leftarrow R'(i, j) * 0.5 - G'(i, j) * 0.419 - B'(i, j) * 0.081$$

10

こうして、一定精度が確保された画素についての原画像および電子透かし情報が埋め込まれた画像からのYCbCr表色系の各値が求まると、これらの値から次式によりx(1)，x(2)，x(3)算出し、これらの平均値xav、すなわち透かし情報xの推定値を算出する(ステップS230)。

15

$$x(1) \leftarrow (Y'(i, j) - Y(i, j)) / (B(i, j) - G(i, j))$$

$$x(2) \leftarrow (Cb'(i, j) - Cb(i, j)) / (R(i, j) - B(i, j))$$

$$x(3) \leftarrow (Cr'(i, j) - Cr(i, j)) / (G(i, j) - R(i, j))$$

$$xav \leftarrow (x(1) + x(2) + x(3)) / 3$$

20

こうして1つの画素についてのxavが得られると、得られたのxavの個数をカウントするためのカウンタnをカウントアップし(ステップS240)、以上の処理を総ての画素(i, j)について終了するまで繰り返し実行する(ステップS250)。

25

<実験例>

前述の埋め込み手法を用いて、透かし情報 x を図 2 のカラー画像 (256×256 画素、R-G-B 各 256 階調) に埋め込み、実験した結果について説明する。

透かし情報 x を指定して、埋込み処理後に上述した復号アルゴリズムにしたがい、 x の推定値を求めた。その出現頻度を図 5 に示す。各 x の値に対応してヒストグラムの山が x として正確に推定されていることが確かめられる。復号時の推定誤りを少なくするには x の絶対値が大きいほど有利であるが、式 (5) から明らかなようにその値が大きいほど画質の劣化を引き起こすことになるので、注意が必要である。逆に、 x の値が小さすぎるとを判定するのが困難になる。これらを考慮に入れ、最適な x の値は $-1.0 \sim 1.0$ であり、好ましくは $-0.5 \sim 0.5$ 、より好ましくは $-0.1 \sim 0.1$ の範囲で選択することが望ましい。また、値 x の判定を容易にするためには、できるだけ多くの画素を対象に同一の x 値で変換することが望ましく、図 5 の結果からも推定値 x は埋め込んだ x 値の付近に集中しており、誤りなく透かし情報 x が判定できることが理解できる。

なお、本実験例ではフレーム全体に、一つの x の値を埋め込んでいるが、埋め込む x の種類は 1 つに限定されるものではない。例えば、画素数の大きなデジタルカラー画像や画素データの変化が比較的単調なデジタルカラー画像など、その対象毎に複数の透かし情報を埋め込んでもなんら差し支えない。

次に、電子透かしを埋め込んだデジタルカラー画像に対する不測のデジタル処理あるいは第三者の攻撃に対する耐性評価結果を、 $x = 0.1$ の透かし情報を埋め込んだデジタルカラー画像 (図 6) に対するクリッピング (切り抜き)、画像圧縮 (本実験では広く利用されている J P E G 圧縮を採用している)、S t i r M a r k 攻撃、画像への上書きの順に説明する。

(1) 切り抜き

まず、画像を図 6 に示す三つの部分 (領域 1, 2, 3) の画像 (100×100 画素) にクリップ (切り抜き) し、各クリップ画像から上述のアルゴリズムにより復号した x 値を図 7 (a), (b), (c) に示す。この図 7 から明らかなように、

画素数が $1/3$ に切り抜き処理されたあらゆる画像からでも、 x 値である「 0.1 」に明らかなピーク値が現れ、電子透かしの復号を確実にこなうことができた。すなわち、本アルゴリズムによる電子透かし埋め込みおよび復号技術を用いれば、たとえ流通しているカラー画像の一部を切り出して使用されても、その画像に埋め込ん

5 だ電子透かし情報 x 値を正しく復号することができるのである。

(2) J P E G 圧縮

つぎに、電子透かし埋め込み画像を J P E G 圧縮した場合の x の推定値について説明する。図 8 (a), (b), (c) は、図 6 の画像を 80%, 60%, 40% の画質設定で J P E G 圧縮し画像データから、 x 値を取り出した結果である。これ
10 らの結果に示すように、圧縮率を 80% - 40% 程度に設定した場合には、J P E G 圧縮された画像データからも容易に電子透かし値 x を復号することができた。なお、カラー画像を 40% 以下に圧縮した場合には、画質劣化が著しく、実用に供し得るのは極めて特殊な場合に限定されると考えられる。従って、本アルゴリズムに基づく電子透かしの埋め込みおよび復号技術は、一般的なカラー画像への実用性を
15 十分に有しているといえる。

(3) S t i r M a r k 攻撃

M. G. K u h n によって提案された S t i r M a r k というタイプの電子透かしに対する攻撃が存在する。かかる攻撃ツール S t i r M a r k を用いて、図 6 への攻撃を行なった。なお、各パラメータはデフォルト値を用いている。この様なカ
20 ラー画像に埋め込まれた電子透かしに対する攻撃に遭っても、その攻撃後の画像からは、本実施例により埋め込まれた電子透かshiを抽出することができた。上記アルゴリズムによる電子透かしの復元結果を、図 9 に示す。同図から、透かし値 x の推定は可能であり、S t i r M a r k などの十分な耐性を有することが分かる。

(4) 画像への上書き

25 次に、透かし情報 $x_1 = 0.1$ を埋め込んだ画像図 6 に対して、さらに、透かし情報 $x_2 = -0.1$ ($\neq x_1$) を上書きした場合について説明する。上書きされ

た画像から、透かし情報を抽出したものを、図10(a)に示した。この例では、
x=0においてピーク値が発生し、偽の透かし情報を示すことになる。そこで、x
1を埋め込んだ画像を手がかりに、この画像との差分をとり、その結果を復号すれ
ば、上書きされた透かし情報x2を分離することができる。その結果を図10(b)
5に示す。すなわち、本アルゴリズムによれば、透かし情報の上書き攻撃にも十分耐
えることが可能であり、しかもその上書きされた情報x2を分離することもできる。

(5) アフィン変換

本実施例の透かし法は、画素ごとに透かし情報を埋め込むため、各種のアフィン
変換に対してほとんど影響を受けないことは自明である。

10 <装置の全体構成>

以上、本発明の実施例として、カラー画像への電子透かしの埋め込みとその復号
について説明したが、これらの処理は、図11に示す電子透かし処理装置により実
施された。この電子透かし処理装置は、CPU22と、ROMおよびRAMを含む
メインメモリ24と、フレームメモリ26と、キーボード30と、マウス32と、
15 表示装置34と、ハードディスク36と、モデム38と、画像を読み取るスキャナ
39と、これらの各要素を接続するバス40と、を備えるコンピュータである。な
お、図11では各種のインターフェイス回路は省略されている。モデム38は、図
示しない通信回線を介してコンピュータネットワークに接続されている。コンピ
ュータネットワークの図示しないサーバは、通信回線を介してコンピュータプログラ
20 ムを画像処理装置に供給するプログラム供給装置としての機能を有する。

メインメモリ24には、電子透かし埋め込み部42および電子透かし復号部44
の機能を実現するためのコンピュータプログラムが格納されている。電子透かし埋
め込み部42および電子透かし復号部44の機能については既に詳しく説明した
通りである。

25 この電子透かし埋め込み部42や復号部44の機能を実現するコンピュータプ
ログラムは、フレキシブルディスクやCD-ROM等の、コンピュータ読み取り可

能な記録媒体に記録された形態で提供される。コンピュータは、その記録媒体からコンピュータプログラムを読み取って内部記憶装置または外部記憶装置に転送する。あるいは、通信経路を介してコンピュータにコンピュータプログラムを供給するようにしてもよい。コンピュータプログラムの機能を実現する時には、内部記憶装置に格納されたコンピュータプログラムがコンピュータのマイクロプロセッサによって実行される。また、記録媒体に記録されたコンピュータプログラムをコンピュータが読み取って直接実行するようにしてもよい。

この明細書において、コンピュータとは、ハードウェア装置とオペレーションシステムとを含む概念であり、オペレーションシステムの制御の下で動作するハードウェア装置を意味している。また、オペレーションシステムが不要でアプリケーションプログラム単独でハードウェア装置を動作させるような場合には、そのハードウェア装置自体がコンピュータに相当する。ハードウェア装置は、CPU等のマイクロプロセッサと、記録媒体に記録されたコンピュータプログラムを読み取るための手段とを少なくとも備えている。コンピュータプログラムは、このようなコンピュータに、上述の各手段の機能を実現させるプログラムコードを含んでいる。なお、上述の機能の一部は、アプリケーションプログラムでなく、オペレーションシステムによって実現されていても良い。更に、電子透かしの埋め込み処理や復号処理を行なうプログラムは、画像処理を行なうプログラムに対して、プラグインの形式で付加されるものとしてもよい。

なお、この発明における「記録媒体」としては、フレキシブルディスクやCD-ROM、光磁気ディスク、ICカード、ROMカートリッジ、パンチカード、バーコードなどの符号が印刷された印刷物、コンピュータの内部記憶装置(RAMやROMなどのメモリ)および外部記憶装置等の、コンピュータが読取り可能な種々の媒体を利用することができる。

以上本発明の実施例について説明したが、本発明はこうした実施例に何等限定されるものではなく、種々なる態様で実施し得ることは勿論である。

産業上の利用可能性

本発明は、カラー画像への透かし情報の埋込装置や電子認証などの装置として適用可能である。こうした装置は、著作権情報の埋込などにも適用することができる。

- 5 また、電子決済などにおける本人認証などの分野でも用いることができる。暗号装置や暗号の埋込、送信、復号などの分野でも用いることができる。
-

請求の範囲

1. カラー画像に電子透かし情報を埋め込む電子透かしの埋め込み方法であって、

- 5 所定の色空間を、複数のパラメータの組み合わせにより表現可能な第1の表色系の画像データを、他のパラメータの組み合わせにより表現する第2の表色系へ変換する色信号変換行列と、該変換の逆変換を行なう逆色信号変換行列とを用意し、
- 該色信号変換行列に、電子透かし情報となる任意の実数値 x を成分とし、かつ各行および各列の該成分の和が略0となる電子透かし変換行列を加減算して、該色信号変換行列を調整し、
- 10 該調整済みの色信号変換行列を用いて、前記第1の表色系の画像データを、第2の表色系の画像データに一旦変換し、
- 該変換により得られた第2の表色系の画像データを、前記逆色信号変換行列により前記第1の表色系へ逆変換することにより、
- 15 電子透かしをカラー画像に埋め込み方法。

2. 前記第1または第2の表色系は、光の三原色をパラメータとするRGB表色系であり、第2または第1の表色系は、輝度信号および色差信号をパラメータとするYCbCr表色系である請求の範囲第1項記載の電子透かしの埋め込み方法。

20

3. 任意の実数値 x は、 -0.1 以上かつ 0.1 以下の任意の値である請求の範囲第1項記載の電子透かし埋め込み方法。

4. 請求の範囲第2項記載の電子透かしの埋め込み方法であって、

- 25 前記調整済みの色信号変換行列による変換によって得られた前記YCbCr表色系のデータを、前記逆色信号変換行列により、前記RGB表色系への逆変換する

に際して、任意の画素値が所定範囲の整数値となるようにアンダフロー補正またはオーバーフロー補正を行なう電子透かしの埋め込み方法。

5. 電子透かしが埋め込まれた画像データから電子透かしを取り出す復号方法

5 であって、

電子透かしが埋め込まれたカラー画像を、輝度信号および色差信号である Y C b C r 表色系へ色信号変換したデータと、該電子透かしが埋め込まれていない原画像を輝度信号および色差信号である Y C b C r 表色系へ色信号変換したデータとの差分行列を算出し、

10 該差分行列を各行毎に分解し、前記電子透かし情報となる任意の実数値 x をそれぞれの行毎に算出し、

各行毎に算出された実数値 x の平均値を電子透かし情報として推定する
電子透かしの復号方法。

15 6. 前記差分行列の各行の成分の差分の絶対値が所定値以上である値のみを用いて、電子透かし情報となる任意の実数値 x の算出を行なう請求の範囲第 5 項記載の電子透かしの復号方法。

20 7. カラー画像に電子透かし情報を埋め込むプログラムをコンピュータに読み取り可能に記憶した記憶媒体であって、

所定の色空間を、複数のパラメータの組み合わせにより表現可能な第 1 の表色系の画像データを、他のパラメータの組み合わせにより表現する第 2 の表色系へ変換する色信号変換行列、および該変換の逆変換を行なう逆色信号変換行列と、

25 該色信号変換行列に、電子透かし情報となる任意の実数値 x を成分とし、かつ各行および各列の該成分の和が略 0 となる電子透かし変換行列を加減算して、該色信号変換行列を調整する機能と、

該調整済みの色信号変換行列を用いて、前記第 1 の表色系の画像データを、第 2 の表色系の画像データに一旦変換する機能と、

該変換により得られた第 2 の表色系の画像データを、前記逆色信号変換行列により前記第 1 の表色系へ逆変換する機能と

5 を記録した記憶媒体。

8. 電子透かしが埋め込まれた画像データから電子透かしを取り出すプログラムをコンピュータに読み取り可能に記憶した記憶媒体であって、

10 電子透かしが埋め込まれたカラー画像を、輝度信号および色差信号である Y C b C r 表色系へ色信号変換したデータと、該電子透かしが埋め込まれていない原画像を輝度信号および色差信号である Y C b C r 表色系へ色信号変換したデータとの差分行列を算出する機能と、

該差分行列を各行毎に分解し、前記電子透かし情報となる任意の実数値 x をそれぞれの行毎に算出する機能と、

15 各行毎に算出された実数値 x の平均値を電子透かし情報として推定する機能とを記憶した記憶媒体。

図 1

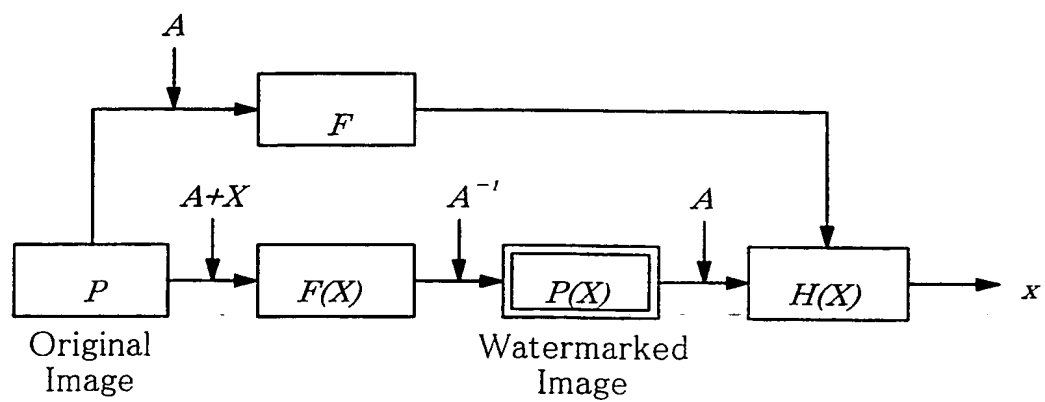
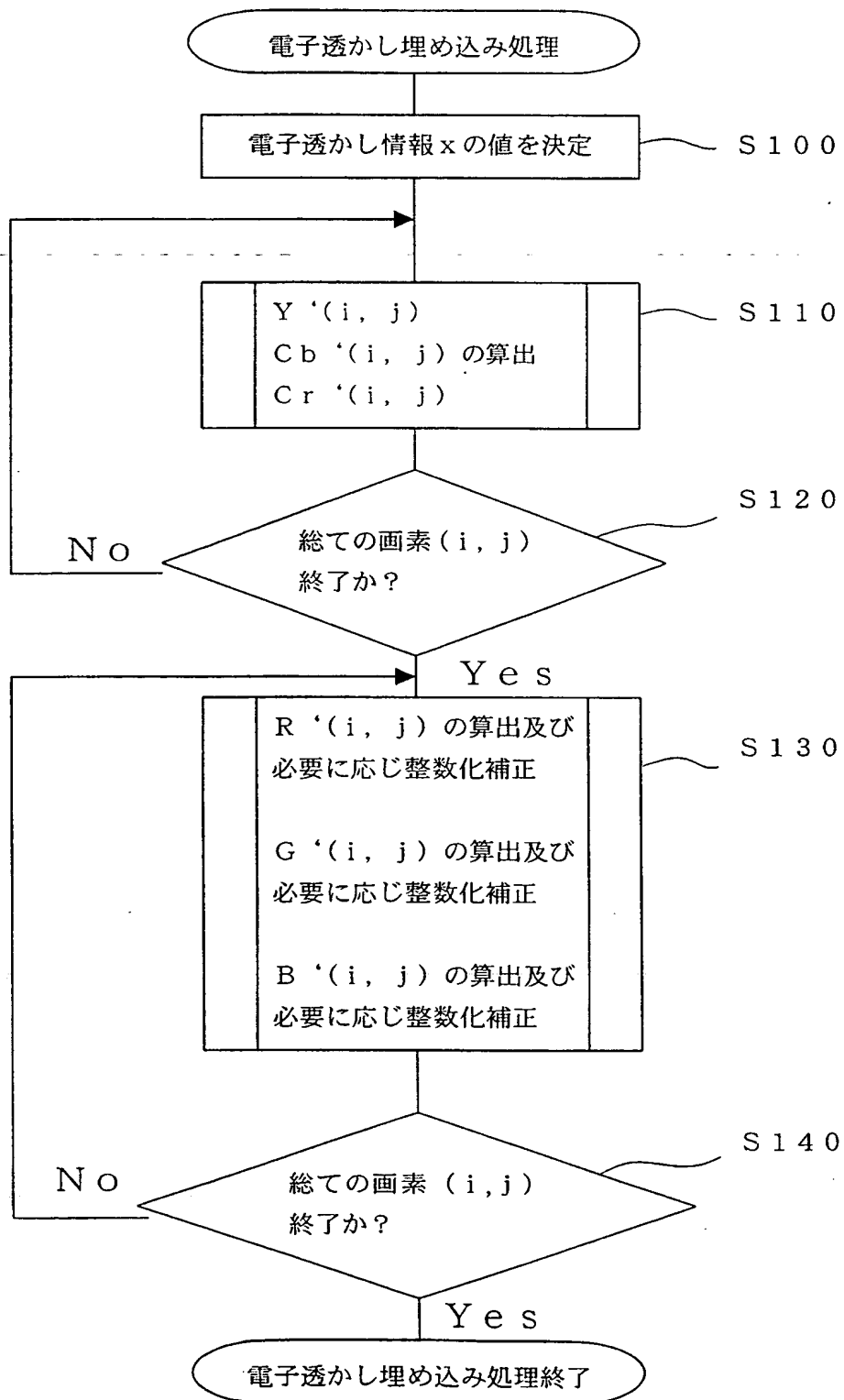


図 2

(a) $x = 0.1$ (c) $x = -0.1$ (b) $x = 0.05$ (d) $x = -0.05$

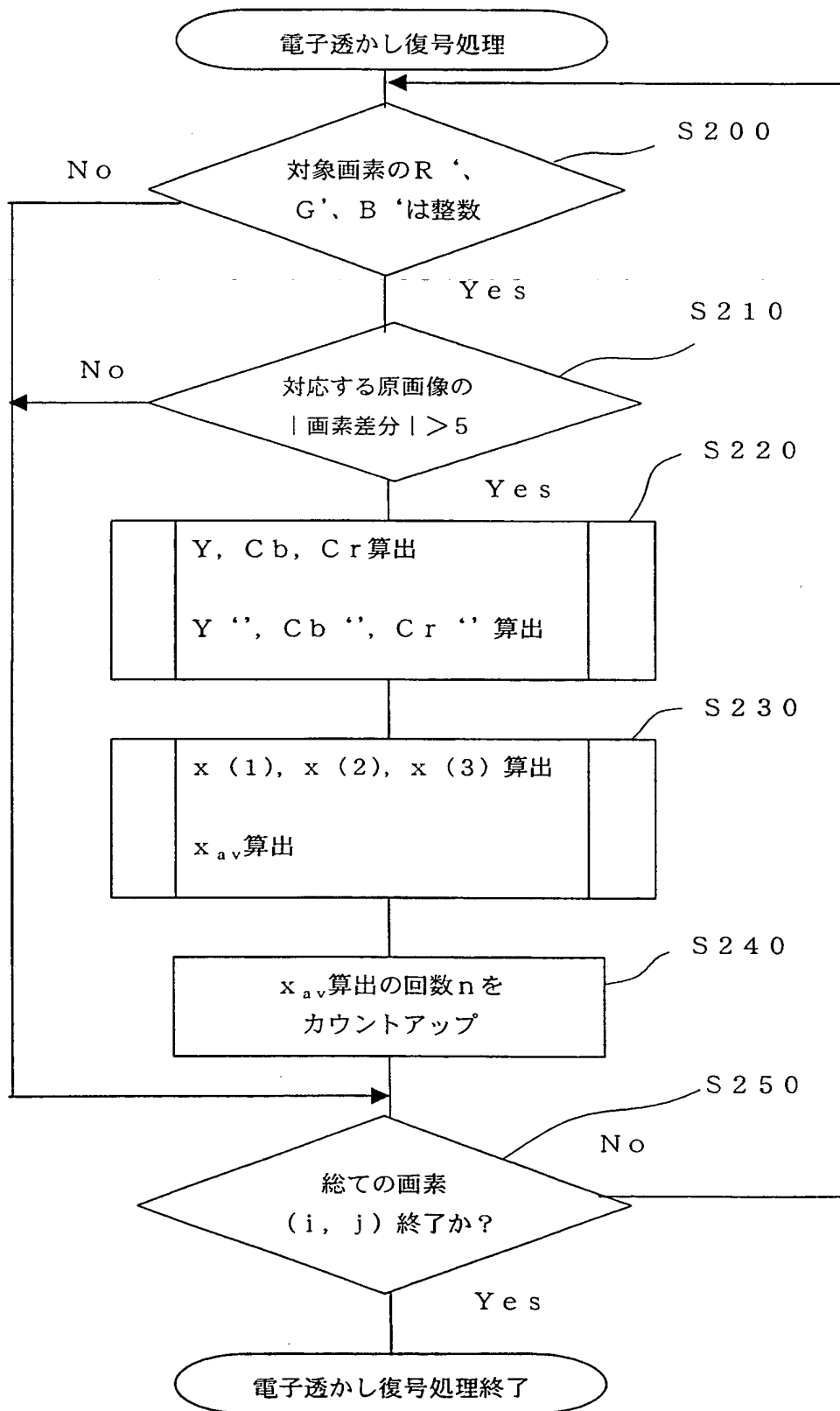
THIS PAGE BLANK (USPTO)

図 3



THIS PAGE BLANK (USPTO)

図 4



THIS PAGE BLANK (USPTO)

4/8

図 5

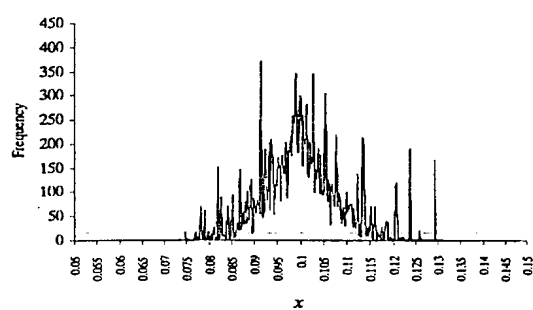
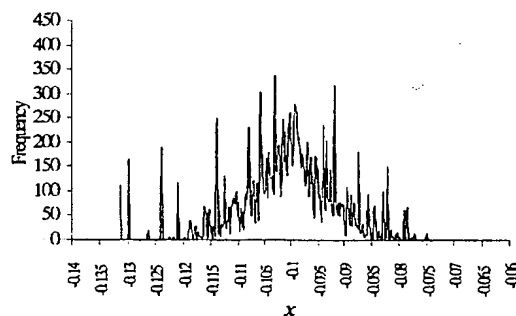
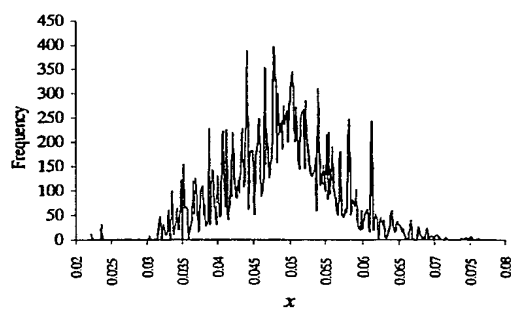
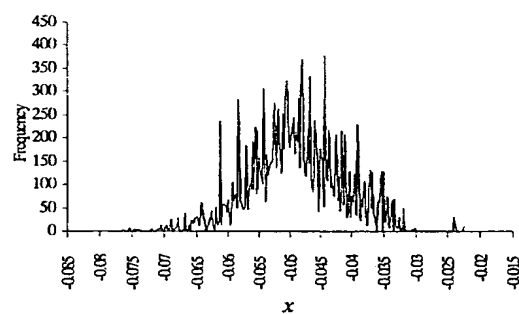
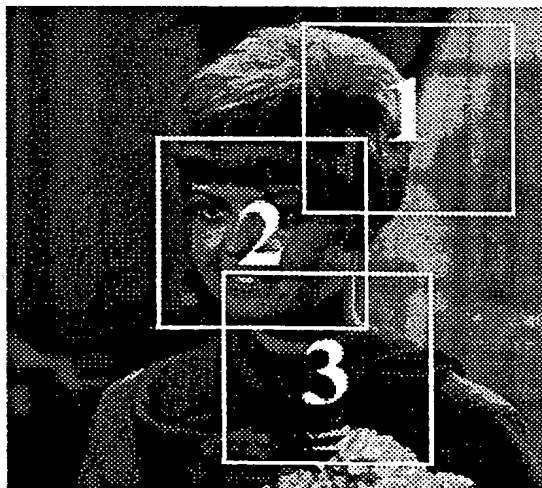
(a) $x = 0.1$ (c) $x = -0.1$ (b) $x = 0.05$ (d) $x = -0.05$

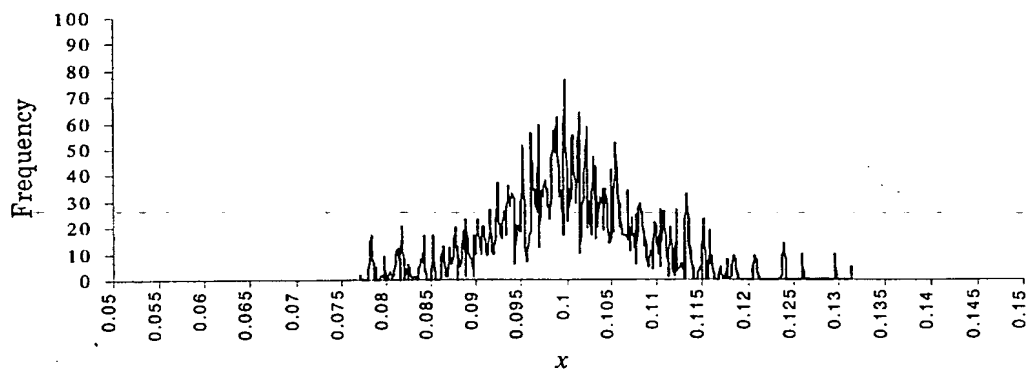
図 6



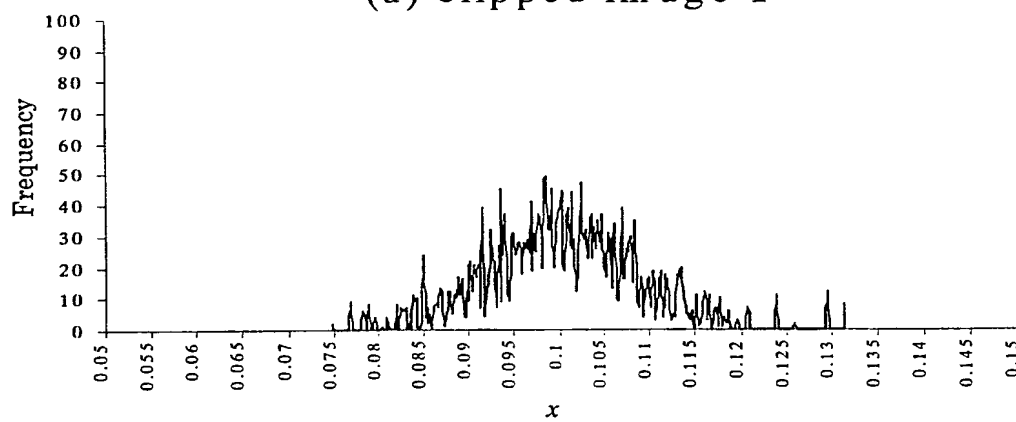
THIS PAGE BLANK (USPTO)

5/8

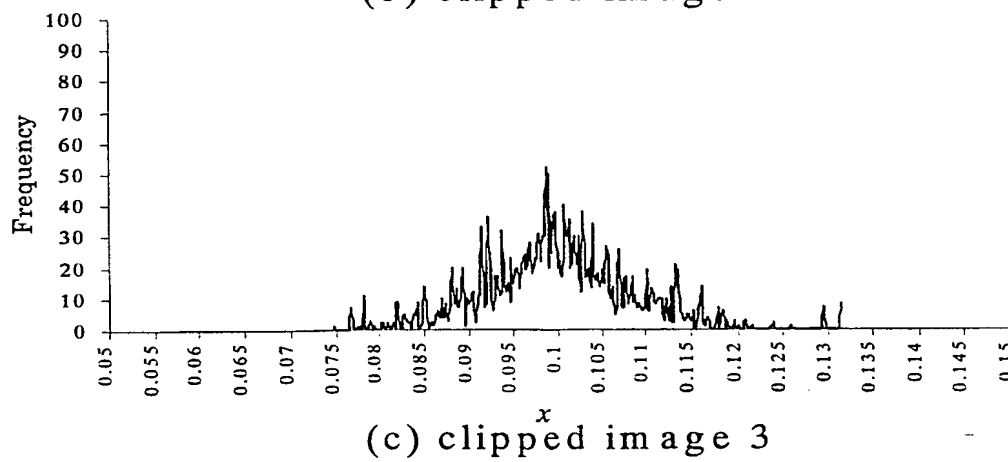
7



(a) clipped image 1



(b) clipped image 2

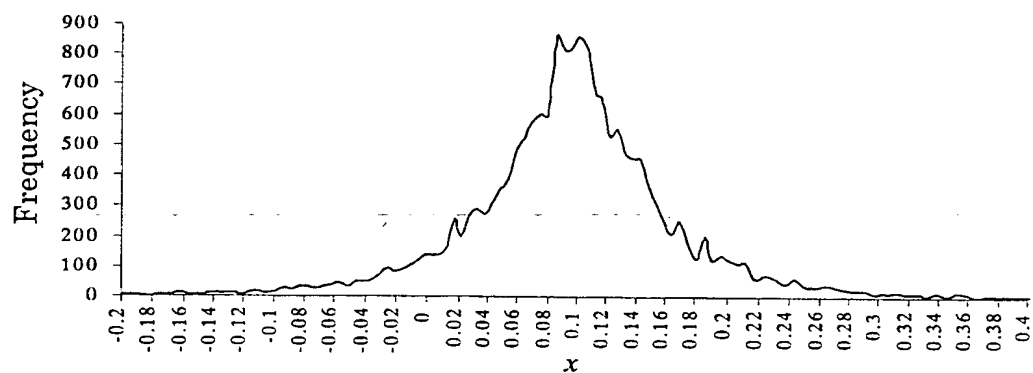


(c) clipped image 3

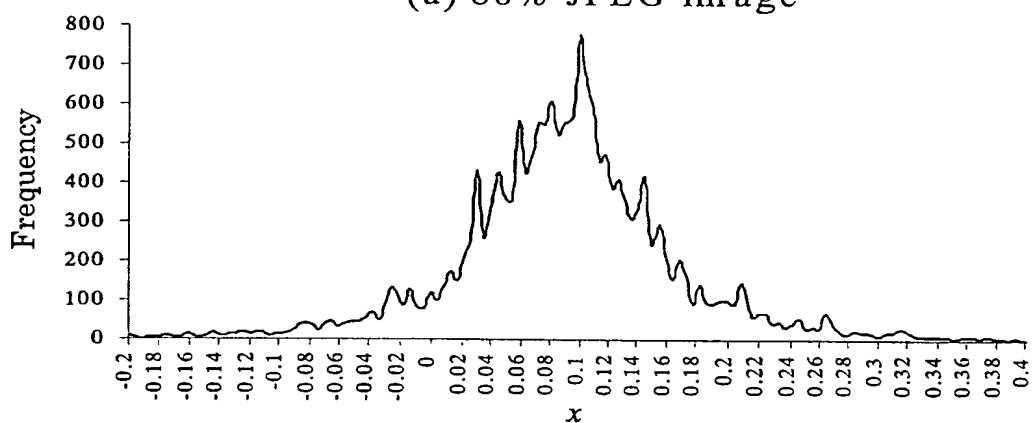
THIS PAGE BLANK (USPTO)

6/8

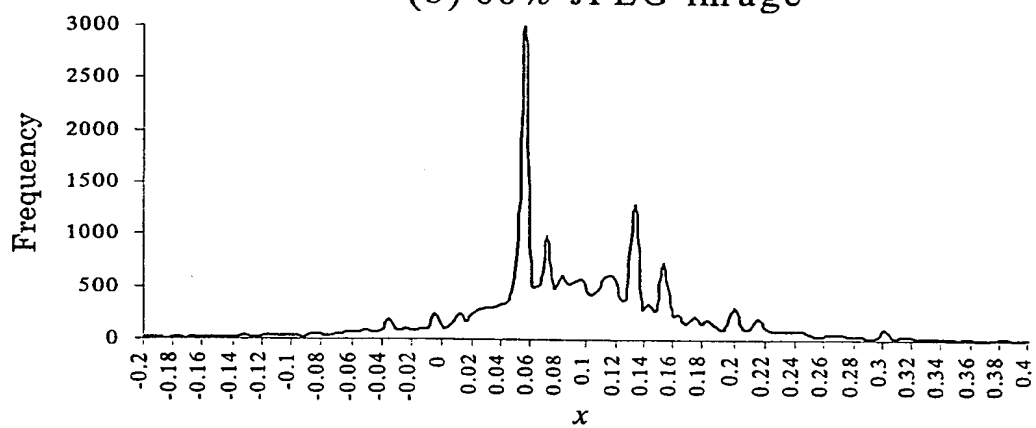
8



(a) 80% JPEG image



(b) 60% JPEG image

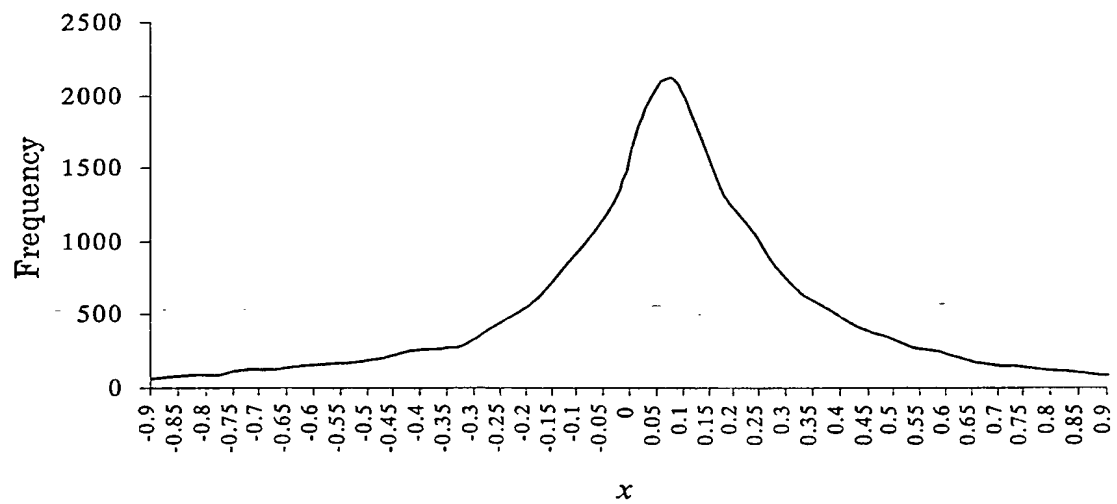


(c) 40% JPEG image

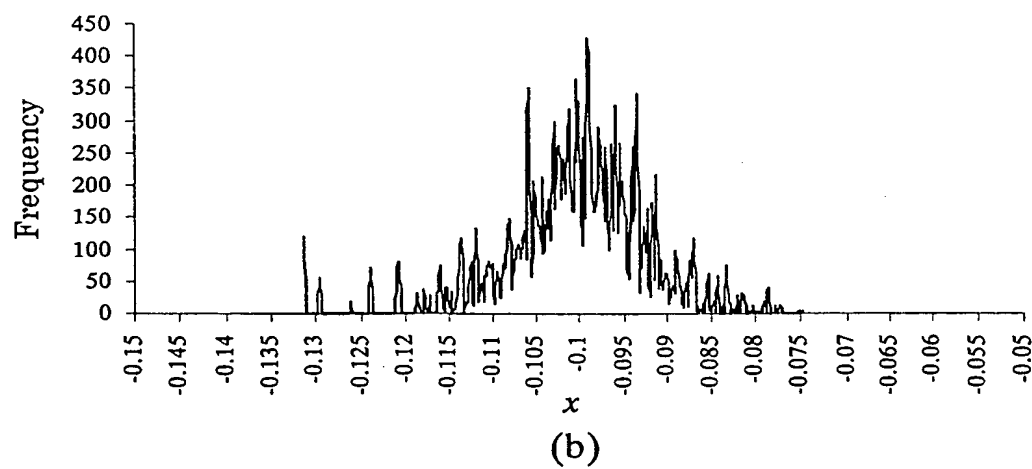
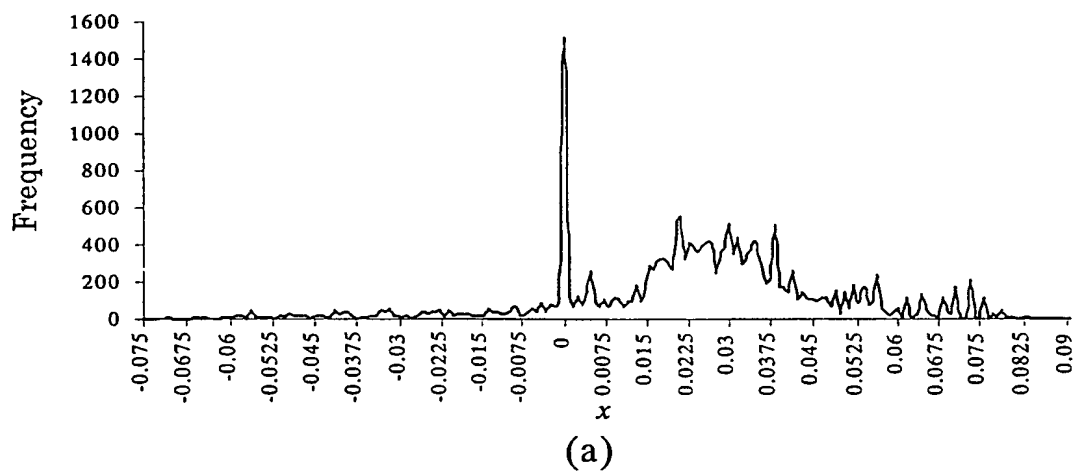
THIS PAGE BLANK (USPTO)

7/8

9

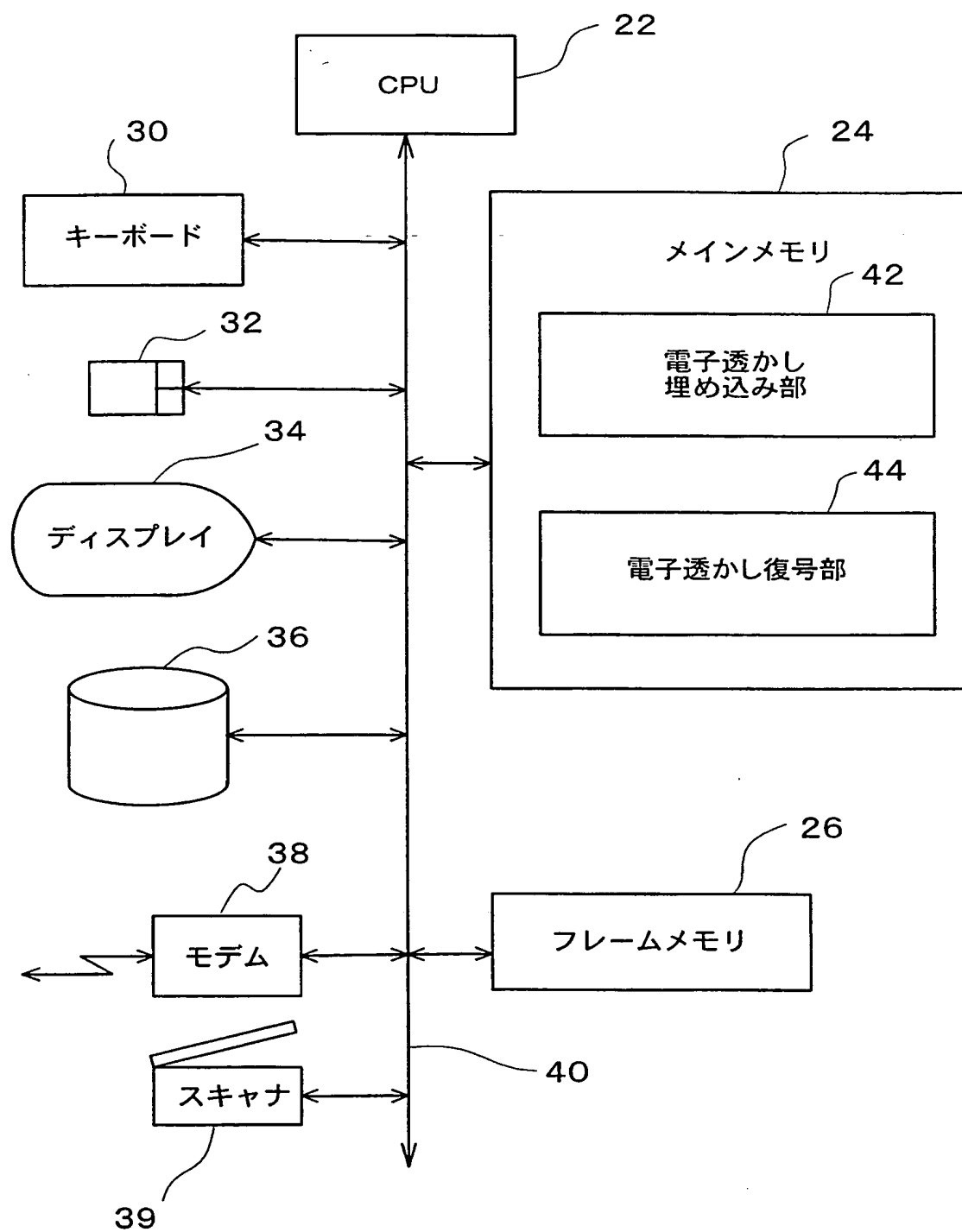


10



THIS PAGE BLANK (USPTO)

図 11



THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP99/05924

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl.⁷ H04N1/387

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl.⁷ H04N1/387-1/393, G06T1/00Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2000
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2000 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2000

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PA	JP, 11-88662, A (Canon Inc.), 30 March, 1999 (30.03.99) & EP, 892545, A & JP, 11-41383, A & JP, 11-41384, A	1-8
PA	JP, 10-313402, A (NEC Corporation), 24 November, 1998 (24.11.98) (Family: none)	1-8
A	JP, 7-273973, A (Canon Inc.), 20 October, 1995 (20.10.95) & EP, 675635, A & US, 5861963, A	1-8
A	JP, 9-191394, A (NEC Corporation) 22 July, 1997 (22.07.97) (Family: none)	1-8

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.
☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
25 January, 2000 (25.01.00)Date of mailing of the international search report
08 February, 2000 (08.02.00)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int. Cl ⁷ H04N1/387		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int. Cl ⁷ H04N1/387-1/393, G06T1/00		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2000年 日本国登録実用新案公報 1994-2000年 日本国実用新案登録公報 1996-2000年		
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
PA	JP, 11-88662, A (キヤノン株式会社) 30. 3月. 1999 (30. 03. 99) & EP, 892545, A & JP, 11-41383, A & JP, 11-41384, A	1-8
PA	JP, 10-313402, A (日本電気株式会社) 24. 11月. 1998 (24. 11. 98) (ファミリーなし)	1-8
A	JP, 7-273973, A (キヤノン株式会社) 20. 10月. 1995 (20. 10. 95) & EP, 675635, A US, 5861963, A	1-8
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 25. 01. 00	国際調査報告の発送日 08.02.00	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 橋爪 正樹 印	5V 9067
電話番号 03-3581-1101 内線 3571		

C (続き) 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP, 9-191394, A (日本電気株式会社) 22. 7月. 1997 (22. 07. 97) (ファミリーなし)	1-8

THIS PAGE BLANK (USPTO)